

Jurnal Kesehatan Gigi

p-ISSN: [2407-0866](#)e-ISSN: [2621-3664](#)<http://ejournal.poltekkes-smg.ac.id/ojs/index.php/jkg/index>

Potential of Avocado Seed Extract (*Pasea Americana*) As A Corrosion Inhibitor Against Surface URFACE ROUGHNESS OF CUNITI WIRE

Leliana Sandra Devi AP,¹ Dwi Pridjatmoko,¹ Herniyati,¹ Rina Sutjiati,¹ Rudy Joelijanto, Vanda Ramadhani¹
¹Bagian Ortodonsia Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Jember, Indonesia

Corresponding author: Leliana Sandra Devi
Email: leliana.fkg@unej.ac.id

ABSTRACT

The surface roughness of orthodontic archwires is an essential factor that determines the effectiveness of arch-guided tooth movement. CuNiTi-based wires are widely used in orthodontic treatment, but the oral environment can trigger corrosion of CuNiTi orthodontic wires. The tannin content in avocado seed extract can be used as a corrosion inhibitor through two working mechanisms, namely, forming a passive layer and an adsorption process. The aim of this research is to examine the effect of avocado seed extract as a corrosion inhibitor on the surface roughness of orthodontic CuNiTi wire. The as-retangular 17 x 25 inch CuNiTi wire were taken in 4 group (1 control group soaked in artificial saliva and 3 treatment groups soaked in avocado seed extract). Samples were immersed in avocado seed extract with concentrations of 1,5 g/L, 2 g/L and 2,5g/L for 7 days. For surface roughness was test Surface Roughness Average analysis. One way ANOVA test showed that there was a significant difference between the control group and all treatment groups in the surface roughness test with a value of $p = 0.000$. Post Hoc LSD test showed that there were no significant differences between treatment group 2 and treatment group 3 with a p value = 0.122. Providing avocado seed extract with tannin content at concentrations of 1.5 g/L and 2 g/L can reduce surface roughness on CuNiTi wire due to the corrosion process.

Keywords: Avocado seed extract, CuNiTi Wire, Surface Roughness Average

Pendahuluan

Salah satu faktor keberhasilan pada perawatan ortodonti adalah kualitas dari bahan-bahanyang akan digunakan dalam perawatan ortodonti, dengan kualitas bahan yang baik dan stabil dalam lingkungan rongga mulut maka keberhasilan perawatan ortodonti akan lebih maksimal dan waktu perawatan akan menjadi lebih singkat [1]. Kawat ortodonti merupakan salah satu komponen terpenting dari alat ortodonti yang memiliki fungsi untuk menggeser gigi dalam berbagai pergerakan gigi seperti *tipping*, *rotational*, *bodily*, *torque*, dan pergerakan gigi ke vertical [2]. Kawat CuNiTi merupakan salah satu jenis kawat yang banyak digunakan pada perawatan ortodonsia, jenis kawat ini merupakan pengembangan dari kawat NiTi dengan penambahan elemen copper untuk meningkatkan kualitas dari kawat. Pada umumnya kandungan kawat CuNiTi terdiri dari 42,99% titanium, 49,87% nikel, 0,50% kromium dan 5,64% copper[3].

Kawat CuNiTi memiliki beberapa kelebihan diantaranya, elastisitas yang lebih besar dan *hysteresis* yang lebih rendah yang memungkinkan penghasilan gaya konstan yang lebih lama selama deaktivasi yang menguntungkan untuk pergerakan gigi [4]. Namun, beberapa penelitian menyebutkan, kawat CuNiTi memiliki resistensi terhadap korosi yang lebih rendah daripada kawat NiTi. Hal ini disebabkan oleh karena kandungan Cu yang menyebabkan peningkatan kekasaran permukaan sehingga mengakibatkan potensial korosi menjadi lebih tinggi [5].

Perawatan ortodonti yang efisien bergantung pada kondisi kawat ortodonti yang optimal. Namun, perawatan ortodonti termasuk prosedur jangka lama, sehingga kawat ortodonti berpotensi mengalami pelepasan ion karena berkontak dengan saliva dalam waktu lama [6]. Perendaman kawat NiTi pada saliva buatan dengan pH 4-6 dapat mengalami pitting korosi [7].

Saliva merupakan cairan elektrolit yang dapat menjadi media reaksi elektrokimia. Pada reaksi elektrokimia, terjadi dua reaksi yaitu oksidasi yang terjadi pada anoda yaitu logam dan reduksi yang

Konsekuensi dari korosi pada kawat ortodonti antara lain, pelepasan elemen dari kawat, kasarnya permukaan kawat, dan melemahnya piranti ortodonti yang dapat menyebabkan kegagalan mekanis atau bahkan fraktur [5]. Pada kawat CuNiTi yang mengalami korosi mempengaruhi sifat mekanik yaitu modulus elastisitas dan *yield strength* [9]. Selain itu, kekasaran permukaan kawat yang timbul akan menyebabkan *friction* antara braket dan kawat meningkat, hal ini akan mengurangi aksi *sliding* sehingga menurunkan efisiensi pergerakan gigi selama perawatan [10]. Korosi tidak dapat dihindari oleh karena factor lingkungan, tetapi laju korosi dapat dihambat dengan pemberian suatu zat yang disebut inhibitor korosi.

Inhibitor korosi yaitu bahan kimia yang ketika diberikan dalam jumlah sedikit pada logam dapat menghentikan atau mengurangi korosi dan tidak bereaksi dengan lingkungan sekitar. [11]. Inhibitor korosi dapat berasal dari senyawa anorganik yang sudah ada atau dari ekstrak bahan alam yang mengandung senyawa flavonoid, senyawa fenol, steroid, triterpenoid, dan tanin yang memiliki kemampuan antioksidan [12]. Bahan alam yang digunakan sebagai sumber inhibitor korosi bisa didapatkan dari tanaman agar lebih ramah lingkungan, salah satunya biji alpukat yang mengandung tanin.

Alpukat (*Persea americana*) merupakan tanaman yang umum ditemukan di daerah tropis. Sebagai negara tropis, Indonesia menempati posisi ke-5 sebagai negara penghasil alpukat terbesar [13]. Buah alpukat banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena mudah didapat dengan harga yang cukup terjangkau. Buah alpukat menghasilkan limbah berupa biji. Saat ini, pemanfaatan biji alpukat masih sangat sedikit [14]. Biji alpukat mengandung berbagai senyawa aktif yang memiliki banyak manfaat, salah satunya adalah tanin. Tanin termasuk kedalam golongan polifenol yang mempunyai banyak gugus fungsi hidroksi (-OH) yang mampu berikatan dengan ion logam transisi bivalen untuk membentuk kompleks yang akan menciptakan lapisan pasif pada permukaan logam yang mampu melindungi logam dari pengaruh lingkungan yang memicu proses korosi [15].

Metode Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental laboratoris dengan rancangan post

test only group desain. Sampel yang digunakan adalah kawat ortodonti jenis CuNiTi berpenampang rectangular dengan ukuran 17 x 25 inci dan dipotong dengan ukuran 60 mm. Jumlah sampel adalah 16 buah dan dibagi menjadi 4 kelompok, 1 kelompok kontrol yang direndam dalam saliva buatan dan 3 kelompok perlakuan yang direndam dalam ekstrak biji buah alpukat dengan konsentrasi 1,5 g/L, 2 g/L dan 2,5 g/L.

Buah alpukat yang digunakan pada penelitian ini adalah berjenis alpukat mentega yang diambil dari Perkebunan Alpukat Tani Sidorejo, Jember. Kriteria buah alpukat yang digunakan yaitu buah yang matang dan memiliki berat 200-300 gram. Serbuk biji alpukat diekstraksi menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 95%. Perbandingan antara serbuk biji alpukat dan pelarut adalah 1:10. Serbuk biji alpukat ditimbang sebanyak 100 gram lalu dilakukan maserasi dengan pelarut sebanyak 1000 mL dalam toples kaca dan dilakukan pengadukan perlahan. Ekstrak didiamkan selama satu hari dalam kondisi tertutup rapat dan disimpan pada tempat yang terlindung dari cahaya matahari, kemudian disaring sampai diperoleh ekstrak hasil maserasi. Selanjutnya, dilakukan proses remaserasi dengan 1000 mL pelarut dan didiamkan selama 24 jam, setelah itu ekstrak disaring dan diperoleh ekstrak hasil remaserasi. Ekstrak hasil maserasi dan remaserasi dicampurkan dan dilakukan penguapan pelarutnya menggunakan *rotary vacuum evaporator*. Ekstrak hasil penguapan kemudian diuapkan kembali di dalam oven dengan suhu 40°C sampai diperoleh ekstrak kental [16].

Buah alpukat yang digunakan pada penelitian ini adalah berjenis alpukat mentega yang diambil dari Perkebunan Alpukat Tani Sidorejo, Jember. Kriteria buah alpukat yang digunakan yaitu buah yang matang dan memiliki berat 200-300 gram. Serbuk biji alpukat diekstraksi menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 95%. Perbandingan antara serbuk biji alpukat dan pelarut adalah 1:10. Serbuk biji alpukat ditimbang sebanyak 100 gram lalu dilakukan maserasi dengan pelarut sebanyak 1000 mL dalam toples kaca dan dilakukan pengadukan perlahan. Ekstrak didiamkan selama satu hari dalam kondisi tertutup rapat dan disimpan pada tempat yang terlindung dari cahaya matahari, kemudian disaring sampai diperoleh ekstrak hasil maserasi. Selanjutnya, dilakukan proses remaserasi dengan 1000 mL pelarut dan didiamkan selama 24 jam, setelah itu ekstrak disaring dan diperoleh ekstrak hasil remaserasi. Ekstrak hasil maserasi dan remaserasi dicampurkan dan dilakukan penguapan pelarutnya menggunakan *rotary vacuum evaporator*. Ekstrak hasil penguapan kemudian diuapkan kembali di dalam oven dengan suhu 40°C sampai diperoleh ekstrak kental [16].



A. B.
Gambar 1.

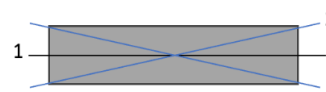
A: Hasil ekstrak kental biji buah alpukat.
B: Hasil pengenceran ekstrak dengan 3 konsentrasi

Hasil pembuatan ekstrak biji alpukat berupa ekstrak kental selanjutnya ditimbang menggunakan timbangan analitik kemudian ditambahkan ke dalam 1000 mL media korosif (saliva buatan) dengan

konsentrasi inhibitor pada masing-masing kelompok perlakuan adalah 1,5 g/L; 2 g/L; dan 2,5 g/L. Komposisi saliva buatan yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan metode Afnor yaitu: Na₂HPO₄ 0,26 gr/l, KSCN 0,33 gr/l, NaCl 6,0 gr/l, KH₂PO₄ 0,20 gr/l, KCl 1,20 gr/l dan NaHCO₃ 1,50 gr/l. Selanjutnya, pH saliva buatan diseimbangkan dan dikontrol menggunakan HCl hingga mencapai pH yang ditentukan yaitu 6,8. [17].

Lama perendaman mengacu pada rata-rata waktu berkumur dengan obat kumur adalah 1 menit dan rata-rata frekuensinya adalah 2 kali sehari yaitu pagi dan sore hari [18]. Puncak korosi yang terjadi pada kawat ortodonti dalam rongga mulut yaitu selama 7 hari pertama [19]. Setiap hari kawat direndam selama 1 menit dalam ekstrak biji buah alpukat yang dilarutkan dalam saliva buatan dengan frekuensi 2 kali dalam sehari sehingga total waktu perendaman sampel pada ekstrak biji buah alpukat yang dilarutkan dalam saliva buatan selama 7 hari dimulai dari hari pertama. Sampel kelompok kontrol direndam dalam saliva buatan selama 7 hari sesuai

dengan rata-rata puncak korosi pada kawat ortodonti. Sedangkan untuk kelompok perlakuan, seluruh sampel dimasukkan kedalam *petridish* yang berisi larutan saliva buatan dan ekstrak biji alpukat selama 1 menit. Setelah 1 menit, sampel dikembalikan ke dalam *petridish* yang berisi saliva buatan lalu dimasukkan kembali ke dalam inkubator dengan suhu 37°C. Perendaman sampel kedalam larutan perlakuan sebanyak 2 kali dalam sehari dan diulang setiap harinya sampai hari ke 7. Uji kekasaran permukaan dengan alat *Surface Roughness Tester* TR 220. Pengukuran setiap sampel dilakukan pada 3 garis yang berbeda dan kemudian hasilnya dirata-rata, semua hasil pengukuran di catat untuk kemudian di analisis.

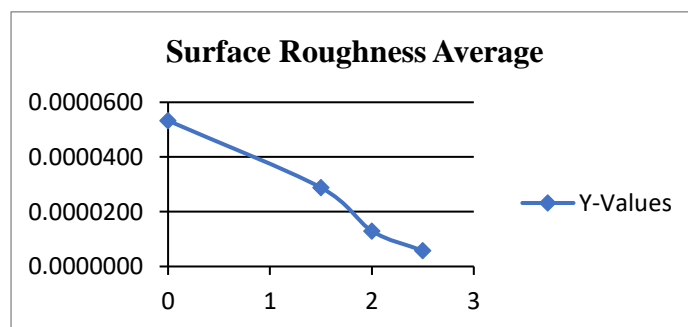


Gambar 2.
Ilustrasi garis pengukuran surface roughness average

Hasil dan Pembahasan

Tabel 1.
Rata-rata nilai kekasaran permukaan pada kawat CuNiTi

Kelompok Sampel	K	1,5 g/L	2 g/L	2,5 g/L
1	0.0000576	0.0000576	0.0000173	0.0000058
2	0.0000461	0.0000461	0.0000058	0.0000058
3	0.0000461	0.0000461	0.0000115	0.0000115
4	0.0000634	0.0000634	0.0000173	0.0000000
Rata-rata	0.0000533	0.0000288	0.0000130	0.0000058



Gambar 3.
Grafik Surface Roughness Average pada kawat CuNiTi. Kontrol (0); P-1 (1); P-2 (2); P-3 (3)

Tabel 2.
Hasil uji normalitas *Saphiro-Wilk*

Kelompok	<i>p-value</i>
Kontrol	0.226*
Perlakuan 1	0.683*
Perlakuan 2	0.272*

Perlakuan 3

0.683*

($p > 0.05$) = Data berdistribusi normal

Tabel 3.

Hasil uji homogenitas *Levene Test*

	<i>P-value</i>
<i>Levene Test</i>	0.171*

($p > 0.05$) = Data berdistribusi homogen

Tabel 4.

Hasil uji *One Way ANOVA*

	<i>P-value</i>
<i>One Way ANOVA</i>	0.000*

($p < 0.05$) = Terdapat perbedaan antar kelompok

Tabel 5.

Uji *Post Hoc LSD*

Kelompok	Kontrol	P1	P 2	P 3
Kontrol		0,000*	0,000*	0,000*
P 1			0,003*	0,000*
P 2				0,122
P 3				

Hasil perhitungan kekasaran permukaan kawat CuNiTi setelah diambil nilai rata-rata pada 3 garis pengukuran dapat dilihat pada table 1

Dari hasil rata-rata perhitungan kekasaran permukaan pada kelompok kontrol memiliki nilai paling tinggi yaitu 0,0000533 μm , sedangkan nilai kekasaran permukaan paling rendah terdapat pada kelompok perlakuan 3 (P3) yaitu sebesar 0,0000058 μm . Berikut ini ditunjukkan grafik hubungan rata-rata nilai kekasaran permukaan pada kawat CuNiTi setelah penambahan ekstrak biji buah alpukat sebagai inhibitor korosi

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan uji normalitas dan uji homogenitas. Uji normalitas menggunakan uji *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas menggunakan *Levene Test*. Hasil uji normalitas data dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Dari hasil uji normalitas data *Saphiro-Wilk* didapatkan bahwa pada seluruh kelompok data berdistribusi normal dengan nilai $p > 0,05$. Kemudian, dilanjutkan dengan uji homogenitas data *Levene Test*. Hasil uji homogenitas *Levene Test* disajikan pada tabel di bawah ini.

Dari hasil uji homogenitas *Levene Test* didapatkan nilai $p > 0,05$ yang berarti data tersebut homogen, sehingga dapat dilanjutkan dengan uji statistik parametrik *One Way ANOVA*. Hasil uji statistik parametrik *One Way ANOVA* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Selanjutnya, dilakukan uji lanjutan yaitu uji *Post-hoc LSD* yang bertujuan mengetahui adanya

perbedaan signifikan suatu kelompok dengan kelompok lainnya. Hasil uji *Post-hoc LSD* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Dari data uji *Post-Hoc LSD* menunjukkan perbedaan signifikan terdapat pada kelompok kontrol dengan semua kelompok perlakuan dan perbedaan signifikan juga ditunjukkan pada kelompok perlakuan 1 dengan kelompok perlakuan 2 dan 3. Sedangkan antara kelompok perlakuan 2 dan perlakuan 3 tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Penurunan rata-rata nilai kekasaran permukaan pada kelompok perlakuan disebabkan oleh kandungan dari biji alpukat antara lain, tanin, alkaloid, dan flavonoid. Senyawa organik tersebut terdiri dari gugus polar yang mengandung atom (N, S, dan O), gugus elektronegatif, serta ikatan rangkap konjugasi sebagai pusat adsorpsi utama dari inhibitor korosi [20]. Berdasarkan penelitian oleh Damaryanti dan Erstyawati (2021) salah satu senyawa organik tersebut yaitu tanin yang terkandung dalam ekstrak kulit buah kakao terbukti efektif dalam menurunkan laju korosi kawat *stainless steel*. [21]

Molekul tanin yang terdiri atas beberapa gugus hidroksil dan karbonil pada cincin aromatik yang mengandung atom-atom oksigen yang dapat menyumbangkan pasangan elektron bebasnya sehingga membentuk ikatan kovalen atau khelat dengan kation logam yaitu *metallic-tannates*. Senyawa khelat ini akan menjadi berperan sebagai

lapisan pasif yang dapat menjadi *barrier* pada permukaan logam agar air tidak dapat berkontak langsung [23]. Pada penggunaannya kawat ortodonti digunakan dalam rongga mulut sehingga akan berkontak dengan saliva. Saliva terdiri dari sekitar 98% air dan 2% zat organik dan anorganik [24]. Lapisan pasif yang dibentuk oleh tanin akan melindungi kawat ortodonti dari kontak dengan saliva sehingga laju korosi dapat menurun.

Tanin juga dapat menghambat korosi melalui proses adsorpsi. Pada permukaan logam, tanin akan berikatan secara fisika (gaya elektrostatik) dan *chemisorption* (kemisorpsi). Permukaan kawat ortodonti yang berada pada lingkungan rongga mulut akan selalu diadsorpsi dengan molekul air. Adsorpsi inhibitor yang terjadi secara fisika bekerja dengan melakukan penggantian molekul air tersebut sehingga permukaan kawat terlindungi oleh senyawa organik inhibitor. Disisi lain, interaksi antara spesies organik polar (tanin) dan permukaan logam secara *chemisorption* (kemisorpsi) berjalan lebih lambat dan sangat bergantung pada suhu, dimana inhibisi korosi akan semakin tinggi pada suhu tinggi. Interaksi ini dapat terjadi karena adanya gugus fungsional polar pada tanin [15][23] Adsorpsi tanin dipengaruhi oleh sejumlah faktor seperti konsentrasi, luas permukaan, dan waktu kontak [24]. Semakin besar konsentrasi inhibitor berarti terdapat semakin banyak molekul inhibitor yang teradsorpsi pada permukaan logam sehingga lapisan yang terbentuk semakin banyak memblokir situs permukaan yang aktif pada permukaan logam serta terjadi ikatan kompleks yang lebih rapat [25].

Menurut Rais dan Wahyuningtyas (2021) ekstrak biji alpukat dapat digunakan sebagai *green inhibitor* untuk mengurangi masalah korosi pada baja. Ekstrak biji alpukat konsentrasi 2,5 g/L memiliki efisiensi hambat terbesar serta dapat menurunkan laju korosi pada baja yang direndam dalam larutan asam HCL. Sedangkan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kelompok sampel kawat ortodonti CuNiTi yang diberi inhibitor konsentrasi ekstrak 2 g/L (P2) dengan konsentrasi ekstrak 2,5 g/L (P3) tidak memiliki perbedaan laju korosi yang signifikan. Sehingga, dapat disimpulkan besaran konsentrasi ekstrak biji alpukat 2 g/L sudah cukup untuk digunakan sebagai inhibitor laju korosi kawat ortodonti CuNiTi [26].

Hal ini disebabkan karena, proses pembuatan dan komposisi kimia antara baja dan kawat ortodonti berbeda. Kawat ortodonti CuNiTi diaplikasikan pada manusia sehingga melalui tahap produksi yang akurat serta baik dari segi bentuk, kekuatan, maupun biokompatibilitasnya [27][28]. Selain itu, diperlukannya pemilihan ekstrak yang efektif

sebagai zat inhibitor korosi dengan konsentrasi sekecil mungkin karena semakin tinggi konsentrasi ekstrak maka sifat toksiknya juga akan semakin besar [29]. Serta adanya pertimbangan penggunaan ekstrak tanpa proses pemisahan senyawa, yang dimungkinkan zat selain tanin dapat memberikan dampak yang tidak diharapkan pada kawat ortodonti.

Beberapa penelitian menyebutkan, kawat ortodonti yang direndam dalam saliva buatan akan korosi serta tingkat pelepasan ion logam mencapai puncak pada hari ke-7 dan pelepasan akan berhenti dalam 4 minggu [19][30]. Korosi dapat menyebabkan penurunan sifat mekanik kawat CuNiTi, yaitu modulus elastisitas dan *yield strength* selama fase *unloading* atau deaktivasi yang akan mempengaruhi efektivitas pergerakan gigi. Bertambahnya kekasaran permukaan kawat yang korosi akan meningkatkan *friction* pada *interface* antara kawat ortodonti dan braket sehingga mengurangi aksi *free sliding* selama perawatan ortodontik [31].

Korosi juga berdampak terhadap biokompatibilitas kawat CuNiTi. Kandungan ion Ni berpotensi memicu reaksi hipersensitivitas tipe 4 dari beberapa pasien. Selain itu, Ni juga dikenal dapat memberikan efek toksik antara lain pada aktivitas enzim, gangguan proses biokimiawi, karsinogenitas, dan mutagenitas [32]. Kandungan Cu juga rentan terhadap korosi galvanik serta dapat menyebabkan reaksi alergi dan efek toksik pada sel bila konsentrasinya dalam jaringan melebihi kadar yang direkomendasikan [30]. Referensi dosis letal harian diketahui 300 µg untuk Ni dan 3 mg untuk Cu. Meskipun sejumlah besar telah menunjukkan bahwa jumlah ion Ni dan Cu yang dilepaskan jauh di bawah dosis harian yang direkomendasikan, kadar ion logam yang rendah diketahui mampu mengubah metabolisme dan morfologi sel dan bahkan menyebabkan ketidakstabilan DNA [27]

Simpulan

Berdasarkan penelitian ini ekstrak biji buah alpukat dengan konsentrasi 2 g/L dapat digunakan sebagai zat inhibitor korosi sehingga dapat mengurangi kekasaran permukaan pada kawat ortodonti berbahan dasar CuNiTi.

Daftar Pustaka

- [1] Eliades T, Athuniasal, 2002, In Vivo anging of orthodontic alloy : implication for corrosion potential, nickel release, and biocompatibility. *Angle Orthod.* Vol.72: 222 – 37.

- [2] Gravina, Marco Abdo, Ione Helena Vieira Portella Brunharo, Cristiane Canavarro, Carlos Nelson Elias, dan Cátia Cardoso Abdo Quintão. 2013. Mechanical properties of NiTi and CuNiTi shape-memory wires used in orthodontic treatment. Part 1: Stress-strain tests. *Dental Press Journal of Orthodontics* 18(4):35–42. doi: 10.1590/S2176-94512013000400007.
- [3] Habar, E.H., Tatengkeng, F., 2020. The difference of corrosion resistance between NiTi archwires and NiTi with additional cooper archwires in artificial saliva. *Journal of Dentomaxillofacial Science* 5, 120.
- [4] Gravina, M.A., Brunharo, I.H.V.P., Canavarro, C., Elias, C.N., Quintão, C.C.A., 2013a. Mechanical properties of NiTi and CuNiTi shape-memory wires used in orthodontic treatment. Part 1: Stress-strain tests. *Dental Press Journal of Orthodontics* 18, 35–42.
- [5] Fatene, N., Mansouri, S., Elkhalfi, B., Berrada, M., Mounaji, K., Soukri, A., 2019. Assessment of the electrochemical behaviour of Nickel-Titanium-based orthodontic wires: Effect of some natural corrosion inhibitors in comparison with fluoride. *J Clin Exp Dent* 11, 414–434.
- [6] Castro, S.M., Ponces, M.J., Lopes, J.D., Vasconcelos, M., Pollmann, M.C.F., 2015. Orthodontic wires and its corrosion - The specific case of stainless steel and beta-titanium. *Journal of Dental Sciences*.
- [7] Sheikh, T., Ghorbani, M., Tahmasbi, S., Yaghoubjad, Y., 2015. Galvanic Corrosion of Orthodontic Brackets and Wires in Acidic Artificial Saliva: Part II. *Journal of Dental School* 33, 88–97.
- [8] Jura, C.O., Tendean, L.E.N., Anindita, P.S., 2015. Jumlah Ion Kromium (Cr) dan Nikel (Ni) Kawat Ortodontik Stainless Steel yang Terlepas dalam Perendaman Saliva. *e-GIGI* 3.
- [9] Sabane, A.V., Deshmukh, S.V., Sable, R.B., 2009. The Effect of Flouride Prophylactic Agents on the Mechanical Properties and Surface Topography of Orthodontic Arch Wires-An in Vitro Study. *Journal of Indian Orthodontic Society* 43, 18–24.
- [10] Jaber, L.C.L., Rodrigues, J.A., Amaral, F.L.B., França, F.M.G., Basting, R.T., Turssi, C.P., 2014. Degradation of orthodontic wires under simulated cariogenic and erosive conditions. *Brazilian oral research* 28, 1–6.
- [11] H. Al-mashhadani, M., A. Ahmed, A., Hussain, Z., A. Mohammed, S., M. Yusop, R., Yousif, E., 2020. Inhibition of Corrosion: Mechanisms and Classifications in Overview. *Al-Qadisiyah Journal Of Pure Science* 25, 1–9.
- [12] Manongko, P.S., Sangi, M.S., Momuat, L.I., 2020. Uji Senyawa Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Tanaman Patah Tulang (*Euphorbia tirucalli* L.). *Jurnal MIPA* 9, 64.
- [13] Verti, E.A., Mustikarini, E.D., Lestari, T., 2021. Diversity of Avocado Germplasm (*Persea americana*) in Bangka Island Based on Morphological Character. *Proceeding of National Colloquium Research and Community Service* Vol.5, 33–38.
- [14] Halimah, N., Aulia, Dewi, Istiqomah, I., Rohmah, S., 2014. Pengolahan Limbah Biji Alpukat untuk Pembuatan Dodol Pati sebagai Alternatif Pengobatan Ginjal. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Diponegoro* 4, 32–37.
- [15] Proença, C.S., Serrano, B., Correia, J., Araújo, M.E.M., 2022. Evaluation of Tannins as Potential Green Corrosion Inhibitors of Aluminium Alloy Used in Aeronautical Industry. *Metals* 12.
- [16] Sanjaya, I.K.N., Giantari, N.K.M., Widyastuti, M.D., Laksmiani, N.P.L., 2020. Ekstraksi Katekin Dari Biji Alpukat Dengan Variasi Pelarut Menggunakan Metode Maserasi. *Jurnal Kimia* 14, 1.
- [17] Langen, E.N., Rumampuk, J.F., Leman, M.A., 2017. Pengaruh Saliva Buatan dan Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) Terhadap Kekerasan Resin Komposit Nano Hybrid.
- [18] Kaur, S., Kour, K., Singh, P., 2019. Comparative evaluation of the efficacy of Chlorohexidine mouthwash as a supplement to regular tooth brushing. *International Journal of Oral Health Dentistry* 5, 97–103.
- [19] Alavi, S., Ahmadvand, A., 2021. Ions Release Evaluation and Corrosion of Titanium Mini-Implant Surface in Response to Orthokin, Oral B and Chlorhexidine Mouthwashes. *Dental research journal* 18, 32.
- [20] Nardeli, J. V., Fugivara, C.S., Taryba, M., Pinto, E.R.P., Montemor, M.F., Benedetti, A. V., 2019. Tannin: A natural corrosion inhibitor for aluminum alloys. *Progress in Organic Coatings* 135, 368–381.
- [21] Damaryanti, E., Erstyawati, A.D., 2021. EFEKTIVITAS EKSTRAK KULIT BUAH KAKAO (*Theobroma cacao* L.) SEBAGAI INHIBITOR LAJU KOROSI KAWAT STAINLESS STEEL PERANTI ORTODONTI LEPASAN. *E-Prodenta Journal of Dentistry* 5, 393–402.
- [22] Zhang, D., 2022. Saliva: Properties and Functions in Food Oral Processing, in: Oral

- Processing and Consumer Perception. hal. 342.
- [23] Saputri, I.D., Joelijanto, R., Sandra, L., Ade, D., 2015. Daya Inhibisi Korosi Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L .) terhadap Kawat Thermal NiTi Ortodonti (Corrosion Inhibition of Starfruit Leaves Extract (*Averrhoa bilimbi* L .) on Thermal NiTi Orthodontic Wire). *e-Jurnal Pustaka Kesehatan* 3, 199–204.
- [24] Mardiah, M., Lapua, E.P., Wahyudiantara, I.P., Iqbal, M., Lestari, I., Rodiyatunnisa, R., Sakinah, N., Novianti, H.L., Fadilah, O.A., 2018. Studi Laju Korosi Logam Aluminium dengan Penambahan Inhibitor dari Ekstrak Daun Karamunting (*Rhodomyrtus tomentosa*) dalam Larutan NaCl. *Jurnal Chemurgy* 1, 39.
- [25] Taqwa, M.L., Irwan, Pardi, 2021. Penggunaan Ekstrak Daun Pepaya Sebagai Inhibitor Korosi Baja Karbon Dalam Lingkungan Crude Oil. *Teknologi* 21, 1–6.
- [26] Rais, F., Wahyuningtyas, D., 2021. Pengendalian Laju Korosi Baja dengan Penambahan Ekstrak Biji Alpukat sebagai Green Inhibitor. *Jurnal Inovasi Proses* 6.
- [27] Furlan, T.P.R., Barbosa, J.A., Basting, R.T., 2018. Nickel, Copper, and Chromium release by CuNi-titanium Orthodontic Archwires is Dependent on the pH Media. *Journal of International Oral Health* 10, 224–228.
- [28] Sumule, I., Anindita, P.S., Waworuntu, O.A., 2015. Pelepasan Ion Nikel Dan Kromium Braket Stainless Steel Yang Direndam Dalam Minuman Berkarbonasi. *e-GIGI* 3, 1–6.
- [29] Yuliani, H., Rasyid, M.I., 2019. Efek Perbedaan Pelarut terhadap Uji Toksisitas Ekstrak Pineung Nyen Teusalee. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia* 6, 347–352.
- [30] Martín-Cameán, A., Jos, Á., Mellado-García, P., Iglesias-Linares, A., Solano, E., Cameán, A.M., 2015. In vitro and in vivo evidence of the cytotoxic and genotoxic effects of metal ions released by orthodontic appliances: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 40, 86–113.
- [31] de Albuquerque, C.G., Correr, A.B., Venezian, G.C., Santamaria, M., Tubel, C.A., Vedovello, S.A.S., 2017. Deflection and Flexural Strength Effects on the Roughness of aesthetic-coated orthodontic wires. *Brazilian Dental Journal* 28, 40–45
- [32] Chantarawatit, P. on, Yanisarapan, T., 2021. Exposure to the oral environment enhances the corrosion of metal orthodontic appliances caused by fluoride-containing products: Cytotoxicity, metal ion release, and surface roughness. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 160, 101–112.